

Investigación PPDQ

Propuesta de enseñanza con enfoque CTS para la enseñanza de compuestos carbonílicos abordando una situación didáctica contextualizada y el uso de tpl con estudiantes de educación media del colegio cultura popular IED

Teaching Proposal with CTS Approach for the Teaching of Carbonyl Compounds Addressing a Contextualized Didactic Situation and the Use of tpl with Middle School Students of the IED Popular Culture School

Javier Andrés Esteban Muñoz¹

Carlos Mario Riveros Toro²

Blanca F. Rodríguez Hernández

Resumen

El siguiente documento expone los resultados obtenidos tras la aplicación de una propuesta de enseñanza con enfoque CTS dirigida a estudiantes de educación media de grado undécimo de edades entre los 16 a 18 años del Colegio Cultura Popular, ubicado en la localidad de Puente Aranda, Bogotá. Lo anterior se realizó con el objetivo de generar apropiación en la temática de compuestos carbonílicos (aldehídos, cetonas y carbohidratos), abordando una situación didáctica contextualizada, la cual correspondió al caso de consumo de alimentos. Dicha tarea se desarrolló utilizando la metodología de los trabajos prácticos de laboratorio (TPL), con el fin de caracterizar los niveles conceptuales, procedimentales y actitudinales en el grupo.

1 Profesor en formación inicial, Universidad Pedagógica Nacional, Correo electrónico: dqu_aestebanm214@pedagogica.edu.co

2 Profesor en formación inicial, Universidad Pedagógica Nacional, Correo electrónico: dqu_cmriverost949@pedagogica.edu.co

Palabras clave

Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), química orgánica, situaciones didácticas contextualizadas, educación media, Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), compuestos carbonílicos.

Abstract

The following document exposes the results obtained after the application of a teaching proposal with a science-technology-society approach aimed at eleventh grade middle school students between the ages of 16 and 18 of the Popular Culture College, located in the town of Puente Aranda, Bogotá. The above with the objective of generating appropriation of the students in the subject of carbonyl compounds (aldehydes, ketones and carbohydrates), addressing a contextualized didactic situation, which corresponded to the case of food consumption. This task was developed using the methodology of practical laboratory work, in order to characterize the conceptual, procedural and attitudinal levels in the group.

Key words

Science-technology-society approach, organic chemistry, contextualized didactic situations, secondary education, practical laboratory work, carbonyl compounds.

Introducción

En la enseñanza de la química, en especial de la química orgánica, los estudiantes muestran una actitud negativa y un continuo desinterés por su aprendizaje como lo muestran las investigaciones realizadas en este campo (Muñoz *et al.*, 2013; Neira, 2015). Esta situación puede surgir debido a la descontextualización de los contenidos abordados en el aula, los cuales tienen poca aplicación en la cotidianidad. Lo anterior ha conllevado a plantear propuestas alternativas para la enseñanza de la misma, en las que se aborde situaciones didácticas a partir del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

Es por eso que Corchuelo, Catebiel y Estupiñán (2004) exponen que el enfoque CTS es una “perspectiva filosófica” (p. 158) que enmarca el análisis y discusión de las causas y la repercusión a nivel socio-cultural de los avances tecnológicos y científicos. De igual forma, este enfoque pone de manifiesto que la construcción y el desarrollo del conocimiento científico no se producen y se transmite de una forma lineal, es decir, no es neutral con relación a los aspectos mencionados.

Por lo tanto, la propuesta didáctica se planteó en los siguientes términos: ¿cuáles son las implicaciones de un enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) a nivel conceptual, procedimental y actitudinal en la enseñanza de la temática de grupos carbonílicos (aldehídos, cetonas y carbohidratos) en una situación didáctica contextualizada en el grado undécimo del Colegio Cultura Popular IED?

A continuación, se exponen los objetivos que guiaron la propuesta estructurada e implementada.

Objetivo general

Caracterizar el nivel conceptual, procedimental y actitudinal en los estudiantes de grado undécimo del Colegio Cultura Popular IED, en la aplicación de una propuesta de enseñanza con enfoque (CTS) para la enseñanza de la temática de compuestos carbonílicos vinculando los trabajos prácticos de laboratorio (TPL).

Objetivos específicos

- Estructurar e implementar la propuesta didáctica desde la situación didáctica contextualizada, la temática de compuestos carbonílicos y los TPL.
- Analizar el nivel conceptual, procedimental y actitudinal antes y después de la implementación de la propuesta.

Antecedentes

A continuación se muestran algunos de los antecedentes indagados con relación a la temática

propuesta en articulación con los niveles mencionados y los TPL.

La búsqueda realizada comprendió una revisión a nivel local, nacional e internacional de artículos de revista, trabajos de grado y tesis de maestría y de doctorado. Entre estos documentos se resaltan los reportes de la revista *Tecné Episteme e Didaxis* (TED), la revista *Eureka*, la revista *Educación Química* y la *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, desde el año 2000 hasta la actualidad. Algunos de estos se citan a continuación.

Marchán y San Martí (2015) y Meroni, Copello y Paredes (2015) exploran en sus artículos la noción del contexto, su importancia en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general y de la química en particular, así como la utilización del concepto de “química en contexto” a partir del enfoque CTS. Además, en el primer artículo se presenta un análisis y el diseño de una unidad didáctica del modelo atómico de la materia, además de evidenciar un gran aporte a las situaciones problemas basadas en química como investigación en la escuela secundaria. Asimismo, Seferian (2010), desde un trabajo práctico de laboratorio, involucra una situación fortuita que involucra reacciones ácido base.

En el estudio de situaciones problemáticas en contexto, una propuesta de enseñanza de la química con enfoque CTS (Corchuelo, Catebiel y Estupiñán, 2004) plantea que un número significativo de estudiantes muestra una actitud negativa hacia el estudio de las ciencias de la naturaleza. Esta situación conduce a investigar la causa y las posibles alternativas, de modo que las prácticas toman la orientación de la pedagogía crítica y el trabajo didáctico favorece la creatividad, la comprensión y la autonomía; de esta manera, los conceptos científicos y tecnológicos contribuyen a desarrollar en el estudiante y en el docente actitudes positivas hacia el estudio de la ciencia y la tecnología a través de procesos investigativos con participación social. Así, se toman como punto de referencia los resultados de una experiencia innovadora en el diseño del plan para los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), dinamizados en este caso, por

instituciones como la Corporación Autónoma Regional del Cauca.

A continuación, se exponen algunos aspectos teóricos inmersos en la estructuración de la propuesta.

Marco teórico

Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)

Los estudios CTS responden a una línea de trabajo académico y de investigación que tiene por objeto el estudio de la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales. A los estudios CTS también se les conocen como estudios sociales de la ciencia y la tecnología (Quintero, 2010).

Situación didáctica contextualizada

La situación didáctica contextualizada es el conjunto de actividades que, articuladas entre sí, permiten que los estudiantes desarrollen las competencias necesarias para el aprendizaje. En dicha situación se lleva a cabo una interacción entre todos los participantes, incluido el docente, quien además supervisa que se adquieran los contenidos dispuestos (Frade Rubio, 2011).

El diseño de situaciones didácticas contextualizadas implica el desafío de relacionar los contenidos de ciencias que se enseñarán con los intereses de los estudiantes de modo que sean significativos para ellos. Así, la contextualización se vincula con el proceso de selección y secuenciación de contenidos (Red de Educadores, 2009).

Trabajos prácticos de laboratorio (TPL)

Las diferentes posturas sobre el aprendizaje científico que involucran las prácticas de laboratorio muestran que este es un proceso dinámico en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio conocimiento basados en experiencias que se seleccionan a partir del entendimiento de

su importancia para complementar la formación académica (Hodson,1994).

De los niveles de conocimiento (conceptual, procedimental y actitudinal)

De acuerdo con Latorre (2017), dentro de los contenidos curriculares se debe desarrollar un conjunto

de conocimientos de las distintas áreas, procedimientos, capacidades, destrezas, valores y actitudes que se aprenden en los diferentes ámbitos académicos. Los contenidos que se deben enseñar en los currículos de todos los niveles educativos pueden agruparse en tres niveles básicos: declarativo / conceptual, procedimental y actitudinal.

Tabla 1. Niveles de conocimiento expuestos por Latorre (2017)

| Tipo de nivel del conocimiento | Definición | ¿Cómo se evidencia? |
|--------------------------------|--|--|
| Declarativo | Este nivel está dividido en dos aspectos: los factuales y los conceptuales. El primero hace referencia a datos, hechos, fechas, símbolos y se aprenden por memorización. El segundo corresponde a la descripción de conceptos, principios y leyes. | El estudiante involucra en sus argumentos los aspectos conceptuales que hacen parte del lenguaje científico, involucrando conceptos básicos, principios y leyes. |
| Procedimental | Son métodos, técnicas, reglas, procesos y habilidades. Se aprenden con la práctica, ejercitación y con experiencias progresivas. | El estudiante realiza procedimientos en el laboratorio y contrasta los resultados obtenidos con lo reportado en la literatura. De igual forma, relaciona lo realizado en un procedimiento frente a un determinado contexto que se le presenta. |
| Actitudinal | Se basa en valores, actitudes y respeto a las normas. Se desarrolla en contextos adecuados, por imitación, con análisis reflexivos y la práctica de acciones adecuadas. | El estudiante es crítico y reflexiona frente a las situaciones que se le presentan. |

Metodología

El desarrollo de la propuesta se expone en la tabla 2.

Tabla 2. Marco metodológico estructurado en la implementación de la propuesta didáctica

| Tipo de Investigación | Investigación mixta o cuantitativa-cualitativa |
|--------------------------------|---|
| Fases de la propuesta | <ul style="list-style-type: none"> • Fase de diagnóstico: se realizó un diario de campo para la identificación de problemas en la enseñanza de la temática especificada. Posteriormente, se realizó e implementó una prueba de conocimientos previos de siete preguntas de selección múltiple con cuatro opciones de respuesta, además de dos preguntas abiertas. • Fase de aplicación: se desarrollaron veintidós sesiones con los estudiantes en las que se trataron los siguientes temas: Charla sobre la situación del consumo de algunos alimentos diarios y su relación con los compuestos carbonílicos (una sesión de dos horas); Clase magistral sobre generalidades de aldehídos, cetonas y carbohidratos (estructuras, fórmula química, nomenclatura, pruebas de reconocimiento) (dieciocho sesiones, una hora el día martes y dos el jueves); Trabajo práctico de laboratorio para el reconocimiento de compuestos carbonílicos con alimentos de consumo diario (una sesión de dos horas); Socialización del informe elaborado por los estudiantes en clase y evaluación escrita (una sesión de dos horas). • Fase de evaluación: posteriormente, se realizó e implementó el instrumento final que consiste en una prueba de selección múltiple de nueve preguntas, las cuales abordan lo especificado y expuesto en cada una de las sesiones realizadas con los estudiantes. • Fase de análisis de resultados: por último, se analizaron los resultados obtenidos tras la aplicación de la propuesta de acuerdo a los tres niveles del marco teórico (conceptual, procedimental y actitudinal). |
| Instrumentos utilizados | <ul style="list-style-type: none"> • Test de conocimientos previos (siete preguntas de selección múltiple con cuatro opciones y dos preguntas abiertas) (ver anexo 1). • Guía de laboratorio sobre pruebas características de compuestos carbonílicos (aldehídos, cetonas y carbohidratos) (ver anexo 2). • Test de conocimientos (ocho preguntas de selección múltiple con cuatro opciones y una pregunta abierta) (ver anexo 3). |

Resultados y discusión

Se evidencia el nivel declarativo conceptual de los estudiantes (anexo 1) a partir de la implementación del test de conocimientos previos. A continuación, se describen los resultados.

La primera pregunta se refiere a que los aldehídos, cetonas y los carbohidratos están dentro de la categoría de compuestos carbonílicos y se caracterizan porque en común poseen dentro de su estructura química un grupo carbonilo. La respuesta correcta era la A.

En el segundo punto, se pregunta cuál es la estructura química correspondiente a una cetona y un aldehído. La respuesta correcta también era la A.

Luego, para la pregunta sexta, se indaga sobre las pruebas químicas que sirven para diferenciar aldehídos de cetonas. La respuesta correcta es de nuevo la A englobando las pruebas de Tollens y Fehling.

Según Latorre (2017), el nivel conceptual de conocimiento no tiene que ser aprendido en forma literal, sino abstrayendo su significado esencial o identificando las características definitorias y las reglas que lo componen. En tal sentido, el balance que arroja el test es que los estudiantes presentan dificultades al entender que la composición de los carbohidratos comprende al carbonilo y, asimismo, no logran identificar claramente la estructura orgánica de un aldehído y una cetona. Sin embargo, es importante destacar que presentan un acercamiento favorable al concepto de que dichos compuestos están constituidos principalmente por átomos de oxígeno, hidrógeno y carbono; y además conocen las pruebas de reconocimiento químico para los carbohidratos. Los estudiantes tienen entonces un acercamiento superficial centrado en su conocimiento declarativo o en la relación de los compuestos carbonílicos con la cotidianidad.



Figura 1. Respuestas de los estudiantes a la primera pregunta del test de conocimientos previos

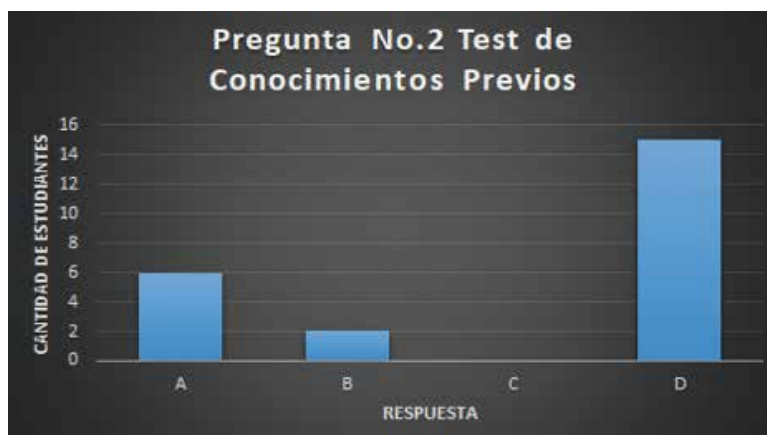


Figura 2. Respuestas de los estudiantes a la segunda pregunta del test de conocimientos previos



Figura 3. Respuestas de los estudiantes a la sexta pregunta del test de conocimientos previos

Los informes de laboratorio, que tenían como objetivo la identificación de los compuestos carbonílicos, corresponden al segundo indicador, el cual se analizará desde el nivel procedimental.

Tabla 3. Análisis del nivel procedimental en los informes de laboratorio tomando fragmentos de texto

| En el nivel declarativo, específicamente en lo expresivo y argumentativo, falta por fortalecer la presentación de un informe de laboratorio y las fuentes de consulta apropiadas para dar respuesta a lo obtenido en el TPL (nivel procedimental). | |
|--|---|
| Los estudiantes reconocen que hay propiedades químicas específicas para la identificación de compuestos carbonílicos | <p>“Las cetonas, al hallarse el grupo carbonilo en un carbono secundario, son menos reactivas que los aldehídos. Solo pueden ser oxidados por oxidantes fuertes como el permanganato de potasio, dando como productos dos ácidos con menor número de átomos de carbono. Por reducción dan alcoholes secundarios. No reaccionan con el reactivo de Tollens para dar el espejo de plata como los aldehídos, lo que se utiliza para diferenciarlos. Tampoco reaccionan con los reactivos de Fehling y Schiff.</p> <p>El reactivo de Benedict identifica azúcares reductores (aquellos que contienen su OH libre del C anómero) como la lactosa, la glucosa, la maltosa y la celobiosas.</p> <p>El reactivo de Biuret es aquel que detecta la presencia de las proteínas, de péptidos cortos y otros compuestos con dos o más enlaces pépticos en sustancias de composición desconocida; está hecho de hidróxido potásico y sulfato cúprico junto con el tartrato de sodio y potasio; el reactivo de color azul cambia a violeta.</p> <p>Se comprueba de una forma práctica que la sacarosa es un disacárido que en reacciones de oxidación como la reacción de Benedict, no presenta evidencia de un precipitado con coloración rojo ladrillo, y no es un azúcar reductor [...]”</p> |
| La mayoría de estudiantes relacionan la influencia de los compuestos carbonílicos con el consumo de alimentos cotidianos | <p>“El consumo excesivo: En una persona sin diabetes, la producción de cetonas es la adaptación normal del cuerpo a la inanición. Los niveles de azúcar en la sangre nunca suben demasiado, porque la producción es regulada justo el equilibrio exacto de insulina [...]”</p> <p>Aldehídos: Comer antes de beber y durante el consumo si su estómago está vacío, aumentará el índice de absorción de alcohol en su cuerpo. También puede ocasionar irritación estomacal severa [...]”</p> <p>Carbohidratos: Una dieta que es crónicamente alta en carbohidratos está asociada con un riesgo más alto de obesidad, ya que los carbohidratos contienen calorías, casi cuatro calorías por gramo [...]. Comer muchos carbohidratos diariamente aumenta el número de calorías que consumes [...]; esto es problemático porque está asociado a varios problemas de salud [...]”</p> |
| La mayoría de estudiantes identifican y reconocen la presencia de compuestos carbonílicos en los alimentos analizados | <p>“Como el principal ingrediente de la preparación del pan es el almidón, esta prueba da resultado positivo con este reactivo, presentándose una coloración azul oscura, debido a la inclusión del yodo en la muestra.</p> <p>Al analizar el extracto de leche se encontró que presenta el azúcar característico, es la lactosa, un azúcar que está presente, y es llamado C₁₁H₂₂O₁₁ disacárido natural compuesto de glucosa y galactosa; pero esta se identificó con la presencia de lactosa [...]”.</p> <p>En la miel se encuentra la fructosa, la glucosa, la sacarosa y otros azúcares. Estos carbohidratos presentes en la miel son los que convierten a esta sustancia valiosa para estas pruebas.”</p> |

| | |
|--|--|
| Los estudiantes reconocen la diferencia entre monosacáridos, disacáridos | <p>“Los carbohidratos más sencillos son los monosacáridos o azúcares simples. Estos azúcares pueden pasar a través de la pared del tracto alimentario sin ser modificados por las enzimas digestivas. Los tres más comunes son: glucosa, fructosa y galactosa.</p> <p>Los disacáridos, compuestos de azúcares simples, necesitan que el cuerpo los convierta en monosacáridos antes que se puedan absorber en el tracto alimentario. Ejemplos de disacáridos son la sacarosa, la lactosa y la maltosa. La sacarosa es el nombre científico para el azúcar de mesa. Se produce habitualmente de la caña de azúcar [...]. La lactosa es el disacárido que se encuentra en la leche humana y animal [...]; la maltosa se encuentra en las semillas germinadas.”</p> |
|--|--|

Analizando el nivel procedimental, desde lo planteado por Latorre (2017), los estudiantes ejecutan los procedimientos para la identificación de compuestos carbonílicos en las muestras de alimentos de consumo cotidiano, y reconocen las pruebas orgánicas cualitativas y su uso. Esto les permite hacer uso de las pruebas de identificación de compuestos carbonilo para matrices orgánicas, de lo cual pueden deducir cómo responderá la matriz a una determinada composición química frente a una prueba cualitativa aplicada, de modo que se diferencie entre un determinado grupo de compuestos carbonílicos (aldehídos de cetonas; monosacáridos, disacáridos de polisacáridos).

En la misma línea, se aplicó el test de conocimientos (anexo 3), enfocado al nivel actitudinal. La primera pregunta se refiere a que los aldehídos, cetonas y los carbohidratos están dentro de la categoría de compuestos carbonílicos y se caracterizan porque en común poseen dentro de su estructura química un grupo carbonilo. La respuesta correcta correspondía a la letra A.

Para la quinta pregunta se propuso representar la forma usual de una estructura de carbohidratos, mencionando qué es la proyección de Haworth; además se les pedía realizar su mecanismo de reacción. La respuesta correcta también era la A.



Figura 4. Respuestas de los estudiantes a la primera pregunta del test de conocimientos

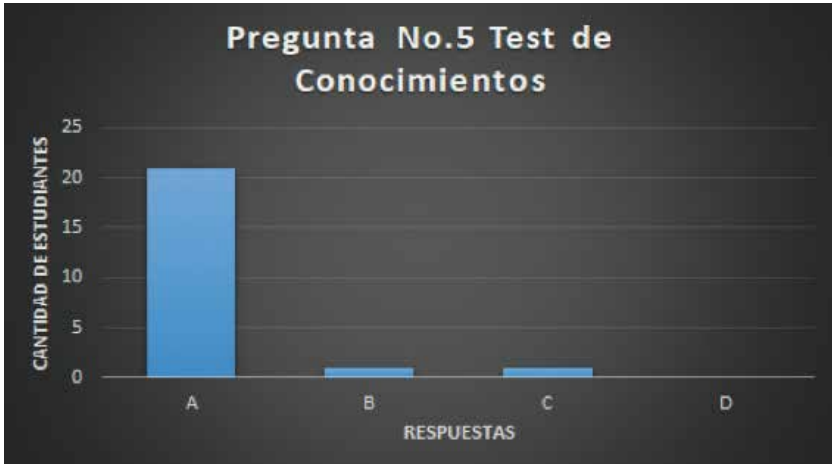


Figura 5. Respuestas de los estudiantes a la quinta pregunta del test de conocimientos

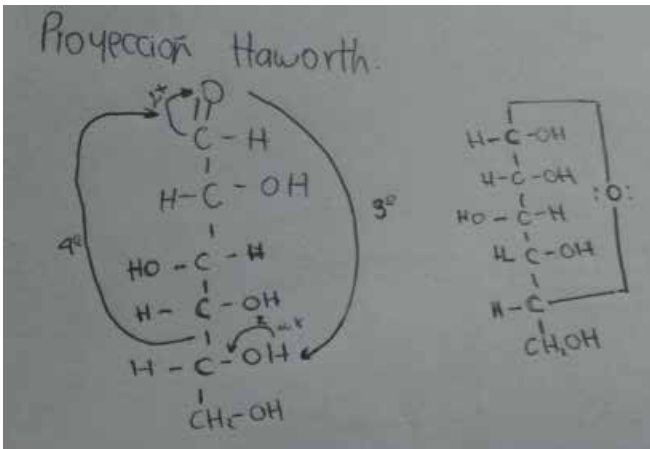


Figura 6. Mecanismo de reacción para la proyección de Haworth realizado por un estudiante

De acuerdo con las pruebas realizadas en los alimentos, el punto nueve consistió en responder a las siguientes preguntas: ¿están presentes compuestos carbonílicos?, sí/no, ¿cuáles? ¿Cómo influyen

los compuestos carbonílicos en los alimentos y en el organismo? Los estudiantes respondieron de la siguiente forma:

Tabla 3. Fragmentos de respuestas de los estudiantes a la novena pregunta del test de conocimientos

| Pregunta N.º 9 |
|---|
| “Si, porque al comer alimentos con el pan se convierte en azúcares, el cual puede ser perjudicial para la salud”. - E2. |
| “Si, por que al comer alimentos con el pan y la salchicha se convierte en azúcares, el cual puede ser perjudicial para la salud.” E4. |

| |
|--|
| “Si, como carbohidratos y aldehídos dependiendo de la dieta que se maneje con estos alimentos pues puede ser muy baja o muy excesiva y las dos son malas”. - E6. |
| “... afecta directamente el consumo por el almacenamiento de energía a causa de los carbohidratos aumentando significativamente la masa corporal causante del sedentarismo”. - E7. |
| “Si, porque el cuerpo necesita de energía y hasta en el pan la encontramos”. - E12. |

En suma, los estudiantes, luego de las diferentes intervenciones que se llevaron a cabo en el aula, presentaron una aproximación en el nivel declarativo a los conceptos estudiados, comprendiendo y relacionando los contenidos disciplinares de los carbohidratos. Además, los alumnos realizaron las proyecciones de Haworth, evidenciando el entendimiento de las características del mecanismo de reacción. No obstante, esta parte del análisis está centrada en el nivel actitudinal, que como lo define Latorre (2017), es la predisposición duradera para actuar con relación a un objeto o sector de la realidad. Dado que se trata de una situación didáctica contextualizada, específicamente el consumo de alimentos cotidianos, se construyó un discurso basado en la idea de que los carbohidratos contienen compuestos carbonílicos que están disponibles en los alimentos más elementales, que son esenciales por su aporte energético al cuerpo humano pero en exceso pueden ser perjudiciales.

Conclusiones

El enfoque CTS abordado en el diseño e implementación de la estrategia didáctica permitió a los estudiantes comprender fenómenos científico-tecnológicos en su contexto social y tener una visión de riesgo del ambiente; este enfoque ofrece además metodologías que permiten la contextualización de los contenidos abarcados a partir de trabajos prácticos de laboratorio. En este caso, la enseñanza de compuestos carbonílicos de la química orgánica se trabajó desde el consumo de alimentos cotidianos.

A partir de las situaciones didácticas contextualizadas, se identifican y potencian cada uno de los niveles de conocimiento (ya sea el conceptual, el procedimental y/o actitudinal) de los estudiantes con relación a los compuestos carbonílicos

(aldehídos, cetonas y carbohidratos) y su relación con el consumo de alimentos cotidianos. Desde el nivel conceptual, los estudiantes aprendieron y fortalecieron los conocimientos correspondientes a la temática; a nivel procedimental, desde la metodología del TPL, observaron la presencia de los compuestos carbonílicos en los alimentos, acercándose al trabajo que se adelanta en el laboratorio y desarrollando habilidades declarativas y de procedimiento enfocadas al ámbito investigativo de las ciencias. Finalmente, en el nivel actitudinal, se logra fomentar un pensamiento centrado en los beneficios y dificultades que conlleva el consumo excesivo de dichos alimentos.

Referencias bibliográficas

- Corchuelo, Catebiel y Estupiñán (2004). El estudio de situaciones problemáticas en contexto: una propuesta de enseñanza en la química con enfoque CTS. En R. Gallego, R. Pérez y R. Franco (2015), *Lecturas en didáctica de la química* (p. 256). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Frade Rubio, L. (2011). *Diseño de situaciones didácticas*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/341425172/Frade-Rubio-Diseno-de-Situaciones-Didacticas>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299-313.
- Latorre, M. (2017). *Contenidos declarativos (factuales, conceptuales), procedimentales y actitudinales*. Lima, Perú: Universidad Marcelino Champagnat.
- Marchán, I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Revista Educación Química*, (26), 267-274.

- Meroni, G., Copello, M. y Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Revista Educación Química*, (26), 275-280.
- Muñoz, F., Arvayo, K., Villegas, C., Cota, C., Ortega y Salazar, F. (2013). Actitudes que propician el aprendizaje de la Química en estudiantes universitarios conforme avanzan en la carrera. *Educ. quím.*, (24) (núm. extra. 2), 529-537.
- Neira, G. (2015). *Actitud de los alumnos hacia la asignatura de química en el rendimiento académico* (Tesis de maestría). Universidad de Chile.
- Quintero, C. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. *Revista del Instituto de Estudios en Educación*, 12, 222-239.
- Red de Educadores. (2009). *Situaciones didácticas contextualizadas*. Recuperado de <https://reddeeducadores.wordpress.com/>
- Seferian, A. (2010). Situaciones problemáticas de Química diseñadas como pequeñas investigaciones en la escuela secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita que involucra reacciones ácido-base. *Revista Educación Química*, 21(3). 254-259.